

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 29.05.2015

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: 07.12.2016
(Věstník č. 49/2016)

(21) Číslo dokumentu:

2015-364

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl.:

F25B 21/02 (2006.01)

F25D 23/12 (2006.01)

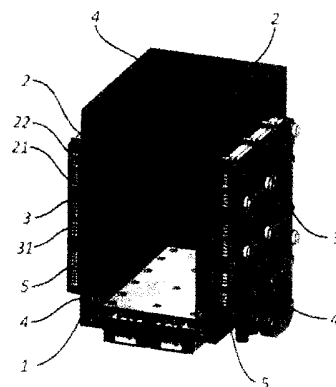
A61F 7/02 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:
Univerzita Karlova v Praze, Lékařská fakulta v
Plzni, Praha 1, CZ

(72) Původce:
MUDr. Lukáš Bolek, Ph.D., Plzeň, CZ
Ing. Jiří Dejmek, Plzeň, CZ

(54) Název přihlášky vynálezu:
**Termoelektrický tepelný výměník s
integrováním rezervoárem**

(57) Anotace:
Termoelektrický tepelný výměník s integrovaným rezervoárem (1) pracovní kapaliny sestávající z čerpacího prostředku (6) pracovní kapaliny a výměníku tepla s meandrovými kanály (21) pro průtok pracovní kapaliny, v nichž jsou uspořádány usměrňovací elementy (22) proudění, kde rezervoár (1) opatřený alespoň jedním vstupem a alespoň jedním výstupem pracovní kapaliny je uspořádán ve výměníku tepla, který je tvořený vnitřním pláštěm (2), jehož meandrové kanály (21) jsou propojené se vstupem a výstupem rezervoáru (1) a který je přes tepelně izolační vrstvu (4) uložený ve vnějším plášti (3), v jehož stěnách jsou provedené meandrové kanály (31) pro průtok temperační kapaliny, přičemž přivrácené stěny vnitřního pláště (2) a vnějšího pláště (3) jsou vzájemně oddělené termoelektrickými Peltierovými články (5) umístěnými v tepelně izolační vrstvě (4), zatímco výstupy pracovní kapaliny z rezervoáru (1) jsou osazeny čerpadly (6), za kterými jsou ve směru proudění dvoupohodové třícestné ventily (7) pro vedení pracovní kapaliny do meandrových kanálů (21) vnitřního pláště (3) nebo do uzavřeného okruhu mimo výměník.



Termoelektrický tepelný výměník s integrovaným rezervoárem

Oblast techniky

Vynález se týká termoelektrického tepelného výměníku s integrovaným rezervoárem pracovní kapaliny a se zvýšenou efektivitou přenosu tepla, který je určený k ochlazování nebo ohřevu kapalných nebo plynných médií.

Dosavadní stav techniky

V laboratorní, klinické i výrobní praxi jsou známy a používány cirkulační chladicí přístroje, tj. chladiče pro ochlazování cirkulující kapaliny, většinou destilované vody či jiných neagresivních kapalin, o objemu řádově jednotek litrů. Takové chladiče jsou komerčně dostupné u řady výrobců, např. Cole-Parmer, Lauda, JULABO, K-O Concepts, Teca, Thermotec nebo Laird Technologies.

Typickým představitelem zařízení používaných v laboratorní praxi jsou cirkulační chladicí přístroje společnosti Cole-Parmer, založené na kompresorovém chlazení.

Většina známých přístrojů s udávaným chladicím výkonem 500 W a vyšším je konstruována s využitím kompresorových agregátů. Jsou to tedy značně rozměrná a hmotná zařízení, jejichž součástí jsou navíc ventilátory, které přebytečné teplo odvádějí do okolí chladicích přístrojů a způsobují víření vzduchu v okolním prostoru. U přístrojů s příkonem 300 W a více je významná produkce odpadního tepla do blízkého okolí, což je nevýhodné, protože se tím významně zvyšuje teplota okolního vzduchu, a tím mohou být nepříznivě ovlivněny další, např. výrobní, analytické nebo terapeutické procesy. Navíc kompresory kompresorových chladičů a s nimi související ventilátory zvyšují významně úroveň hluku v okolí chladicího zařízení a dále víří vzduch a prach, což také může mít nepříznivé důsledky, zejména např. při použití zařízení v lékařství. K nevýhodám patří také velké

rozměry a hmotnost těchto zařízení, u nichž je poměr hmotnosti k chladicímu výkonu poměrně vysoký.

Termoelektrické chlazení za pomoci Peltierova jevu se využívá jen u zařízení s menším, dle výrobce deklarovaným chladicím výkonem, tedy 10 až 300 W, výjimečně 600 W. Komerčně jsou např. dostupná zařízení od společností Thermotec a Laird Technologies. Jejich nevýhodou je právě nízký výkon a i přes nižší hmotnost a rozměry stále přetrvává problém ohřevu okolního vzduchu, hluku z ventilátorů a, oproti předchozímu typu sice lepší, nicméně stále nepříznivý poměr hmotnosti k chladicímu výkonu.

Ze zveřejněné patentové přihlášky US 2007/0199333 A1 je známý termoelektrický kapalinový výměník tepla, který zahrnuje čerpací prostředek pracovní kapaliny, rezervoár pracovní kapaliny a s ním propojený tepelný výměník s meandrovým kanálem rozděleným alespoň po částech usměrňovacími elementy na řadu dílčích kanálů. Odpadní teplo převzaté z primárního okruhu je rozptylováno do okolí sáláním z radiátorového chladiče.

Obdobná konstrukce chladicího stroje je použita u přihlášky US 2012/0165908 A1, kde je pro odvod tepla z pracovní kapaliny použit termoelektrický článek a kapalina protéká systémem meandrů. Odpadní teplo je ventilátorem aktivně rozptylováno do prostoru okolo zařízení.

Patentová přihláška US 2010/0031674 A1 popisuje zařízení, které také využívá termoelektrického elementu k přenosu tepla z pracovní kapaliny, která je uchovávána v zásobníku kapaliny integrovaném do těla zařízení. Odvod odebraného odpadního tepla je opět realizován ventilátorem, a tedy rozptylováním tepla do okolí zařízení.

Patent US číslo 5,344,436 popisuje přenosné zařízení pro generování chladicí kapaliny založené na principu termoelektrického výměníku. Zařízení neobsahuje vnitřní rezervoár a odebrané teplo z pracovní kapaliny je šířeno do okolí ventilátorem.

Vybraná řešení popsaná v těchto dokumentech tedy shora uvedené nevýhody stavu techniky neodstraňují.

Konstrukci přístrojů či zařízení, u kterých by byla odstraněna většina nevýhod dosavadních zařízení, zejména nižší výkon při velké hmotnosti, produkce tepla do okolí přístroje, prašnost v okolí, hlučnost a velké rozměry tak umožňuje až níže specifikovaný termoelektrický tepelný výměník s integrovaným rezervoárem, a to takto:

- Nižší výkon při velké hmotnosti byl vyřešen nahrazením kompresorového principu chlazení chlazením na bázi termoelektrických článků provozovaných v optimálním provozním režimu, čehož bylo dosaženo odváděním odpadního tepla temperační kapalinou.
- V chladicím režimu je produkce tepla do blízkého okolí přístroje zcela eliminována tak, že odpadní teplo vznikající při provozu termoelektrických článků je odváděno temperační kapalinou mimo přístroj a jeho okolí.
- K ochlazování stávajících přístrojů na kompresorovém či termoelektrickém principu se používá vzduch hnaný ventilátory, které jsou jejich integrální součástí. Ventilátory víří vzduch a tím i prach v okolí přístrojů což je v řadě aplikací významně nevýhodnou vlastností. Řešení dle našeho vynálezu umožňuje konstrukci přístrojů, které neobsahují žádné ventilátory díky kapalinovému ochlazování výměníku.
- Hlavním zdrojem hluku, který omezuje využitelnost stávajících přístrojů, jsou kompresory a ventilátory u přístrojů na kompresorovém principu a ventilátory u přístrojů na termoelektrickém principu. Tento problém je díky eliminaci kompresoru a ventilátorů u našeho řešení také odstraněn díky vodnímu ochlazování výměníku
- Vnější rozměry stávajících cirkulačních chladicích přístrojů obou principů jsou dány tím, že mají oddělený vlastní ochlazovací systém a rezervoár ochlazované kapaliny. Rozměry a hmotnost u těchto přístrojů roste použitím kompresorů a ventilátorů, eventuálně velkých chladičů termoelektrických článků v kombinaci s ventilátory. Řešení dle našeho vynálezu spojuje rezervoár a chladicí systém do jednoho celku a používá kapalinovou temperaci

výměníku, což umožňuje při stejném či vyšším výkonu dosáhnout významně nižších rozměrů přístrojů konstruovaných na bázi našeho řešení.

- Konstrukce přístroje umožňuje pracovat ve dvou režimech teploty kapaliny, v chladicím a ohřívacím a to při výhodném teplotním výkonu a účinnosti. Tato vlastnost oproti konkurenčním řešením snižuje pořizovací a provozní náklady a požadavky na pracovní prostor, protože není nutné používat dva přístroje, jeden pro ohřev a druhý pro chlazení.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky stavu techniky odstraňuje inovativní koncept termoelektrického tepelného výměníku s integrovaným rezervoárem podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se skládá ze soustavy tepelných výměníků a rezervoáru pracovní kapaliny, kde tepelný výměník je soustava vnitřního a vnějšího pláště, které jsou od sebe navzájem tepelně izolovány a mezi nimiž je vhodně rozmístěna soustava termoelektrických Peltierových článků, které z vnitřního pláště odebírají resp. dodávají teplo a předávají resp. odebírají jej vnějšímu plášti.

Podle vynálezu je výhodné, jsou-li ve vnitřním i vnějším plášti meandrové kanály specifického tvaru a konceptu pro průtok pracovní kapaliny.

Účelné podle vynálezu je, jsou-li v meandrových kanálech umístěné drážky paralelní s kanálem, které zvyšují účinnost přenosu tepla mezi kapalinou a kovem pláště jednak zvětšením předávací plochy, jednak správným usměrněním proudění kapaliny.

Podle vynálezu je výhodné, jsou-li výstupy z rezervoáru osazené soustavou čerpadel pro přímé nasávání pracovní kapaliny do meandrových kanálů vnitřního pláště a za nimi zařazenými dvupolohovými třicestnými ventily pro vracení pracovní kapaliny do rezervoáru nebo čerpání do uzavřeného okruhu mimo přístroj. Pracovní kapalina je tedy z integrovaného rezervoáru nasávána přes meandrový systém vnitřních stěn mimo výměník vnějším čerpacím prostředkem. Pracovní kapalina tedy proudí z rezervoáru

meandrovým systémem po negativním tlakovém spádu a tím se zvyšuje bezpečnost celého systému, protože se eliminuje riziko úniku kapaliny při eventuelních netěsnostech vnitřního meandrového systému do vnějšího prostředí.

Výhodné podle vynálezu je také to, že rezervoár je na všech plochách obklopený kovovým vnitřním pláštěm, který je od okolí oddělený tepelnou izolací.

Chladicí jádro výměníku podle vynálezu umožňuje konstrukci přístrojů či zařízení, u kterých je odstraněna většina nevýhod dosavadních zařízení, zejména nižší výkon při velké hmotnosti, produkci tepla do okolí přístroje, snížení prašnosti v okolí, hlučnost a velké rozměry.

Zařízení integruje funkci tepelného výměníku, využívajícího laminární proudění pro zvýšení přenosu tepla, společně s funkcí rezervoáru. Je definováno jako základní, hlavně chladicí, ale i ohřevný agregát, dále zde také označený jako chladicí jádro. Tato koncepce jádra přístroje umožňuje sekundární chlazení, respektive temperování celého objemu pracovní kapaliny a dále tak zvyšuje účinnost stroje. Toho je dosaženo jednak použitím kovu jako materiálu pláště, který temperuje pracovní kapalinu na všech plochách rezervoáru, jednak co nejlepší tepelnou izolací vnitřního pláště od okolí.

Použití termoelektrických článků se může zdát dle znalostí techniky jako neefektivní, nicméně pokud je uspořádání zařízení takové, že články pracují v co nejmenších rozdílech teplot studené a teplé strany (ΔT), lze u zařízení dosáhnout významně vyšší účinnosti, než je obvyklé.

V uváděném příkladu řešení je tato účinnost až 70%. Tyto hodnoty jsou podloženy provedenými experimenty, způsob provedení experimentů, naměřené hodnoty a metoda výpočtu jsou uvedeny v odstavci „Příklady provedení vynálezu“

Odpadní teplo z vnějšího pláště je odváděno temperační kapalinou mimo tělo termoelektrického tepelného výměníku, tedy

mimo přístroj. Jako temperační kapalinu lze použít např. běžnou vodu. Kapalina má vždy vyšší tepelnou kapacitu než vzduch a zvládá lépe teplo odvádět a tím zajišťovat zmíněnou vysokou účinnost stroje.

Rezervoár s pracovní kapalinou je nedílnou součástí jádra přístroje. Tento koncept umožňuje sekundární chlazení, respektive temperování celého objemu této pracovní kapaliny a dále tak zvyšuje účinnost stroje. Tohoto jevu je dosaženo jednak použitím kovu jakožto materiálu pláště, který temperuje pracovní kapalinu na všech plochách rezervoáru, a co nejlepši tepelná izolace vnitřního pláště od okolí.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude dále podrobněji vysvětlen za pomoci ilustrativního příkladu provedení znázorněného na připojených vyobrazeních, na kterých představuje:

- obr. 1 zjednodušený princip termoelektrického tepelného výměníku,
- obr. 2 zjednodušené blokové schéma termoelektrického tepelného výměníku podle vynálezu,
- obr. 3 rozšířené blokové schéma termoelektrického tepelného výměníku,
- obr. 4 vizualizaci reálného návrhu stroje využívajícího termoelektrický tepelný výměník s odříznutou stěnou,
- obr. 5 detail meandrového kanálu vnitřního pláště,
- obr. 6 detail meandrového kanálu vnějšího pláště,
- obr. 7 schéma standardizované testovací aparatury obsahující testovaný přístroj s temperačním jádrem dle našeho vynálezu, tepelný výměník a zdroj kapaliny o konstantní teplotě v uspořádání pro testování chladicího výkonu.

Příklady provedení vynálezu

Podstata řešení je dobře patrná z obrázku 1. Termoelektrický tepelný výměník sestává z rezervoáru 1 vytvořeného ze soustavy vnitřních plášťů 2, ve kterých jsou meandrové kanály 21 pro

průtok pracovní kapaliny, které jsou napojené na výstupy 23 z rezervoáru 1. Vnitřní plášť 2 je opatřený izolační vrstvou 4, která jej tepelně izoluje od vnějšího pláště 3 a od okolního prostředí. V izolační vrstvě 4 jsou uloženy Peltierovy články 5, které slouží k převodu tepla z vnitřního pláště 2 na vnější plášť 3 případně naopak. Také ve vnějším plášti 3 jsou vytvořené meandrové kanály 31 pro průtok temperační kapaliny. Jak je dobře vidět z obrázků 5 a 6, jsou v přímkových úsecích meandrových kanálů 21, 31 vnitřního i vnějšího pláště 2, 3 uspořádané usměrňovací elementy 22 respektive 32 proudu pracovní kapaliny resp. temperační kapaliny ve formě příček, mezi nimiž jsou vytvořené drážky, které zvyšují účinnost přenosu tepla mezi kapalinou a kovem pláště.

Na výstupech z vnitřního pláště 2 jsou osazena čerpadla 6, za nimiž jsou v potrubí zařazené třicestné dvoupolohové ventily 7, které buď vracejí pracovní kapalinu do rezervoáru 1, nebo ji vyvádějí do uzavřeného okruhu mimo přístroj.

Vnějším pláštěm 3 cirkuluje temperační kapalina, která podle pracovního nastavení stroje odebírá teplo ze strany termoelektrických Peltierových článků 5 přivracené k vnějšímu plášti 3 nebo ho tam předává. Vnější plášť 3 je opatřený vstupem a výstupem temperační kapaliny pro její vyvedení ke kooperujícím zařízením mimo termoelektrický tepelný výměník a je opatřený izolační vrstvou 4. Jako temperační kapalinu lze použít jakoukoli, s výhodou neagresivní kapalinu, která má vždy vyšší tepelnou kapacitu než vzduch a zvládá lépe odvádět teplo a zajišťovat tak vysokou účinnost stroje. Výhodně se může použít obyčejná voda.

Srovnávací test

V uváděném reálném příkladu řešení uvádíme účinnost v průměru až 70%. Tyto hodnoty jsou podloženy provedenými experimenty a naměřené hodnoty a metoda výpočtu jsou uvedeny v části naměřené hodnoty, výsledky a výpočty. Ve výsledcích jsou také porovnány reálné, námi změřené parametry běžně dostupných zařízení s reálnými výsledky příkladu řešení.

Pro potřeby testování byl námi vyvinutý termoelektrický tepelný výměník s integrovaným rezervoárem sestaven do podoby funkčního vzorku, kdy jednotlivé komponenty, nezbytné pro jeho činnost (např. čerpadla, systémy rozvodů tlakové kapaliny, ventily apod.) byly voleny z komerčně dostupných zařízení. Odborníkovi v oblasti techniky je zřejmé, že při produkci komerční varianty tohoto vynálezu bude výhodné použít vhodněji volené a optimalizované komponenty a tudíž bude možné dosáhnout ještě lepších výsledků, než zde uvedených.

Pro srovnávání parametrů komerčních chladicích přístrojů a přístroje s temperačním jádrem dle našeho vynálezu byla sestavena standardizovaná testovací aparatura (viz obr. 7), a to tak, aby při srovnávání byly zajištěny identické podmínky a zároveň byly navozeny podmínky blízké předpokládané obvyklé aplikaci přístroje s temperačním jádrem dle našeho vynálezu.

Testovací aparatura se skládá z testovaného přístroje a (tj. přístroje s temperačním jádrem dle vynálezu ve výhodném provedení), tepelného výměníku b a zdroje kapaliny c (destilované vody eventuálně směsi voda - etylenglykol) o konstantní teplotě a průtoku.

Základem aparatury je tepelný výměník b vlastní konstrukce (detailní popis - viz zapsaný užitný vzor č. 22661 a CZ vynález 303190 B6). Zdroj kapaliny c o konstantní teplotě a průtoku je plně izolovaný tepelný zdroj, který svou činností nemění měřitelně teplotu okolí a tak neovlivňuje výsledky měření.

Teploty a průtoky chladicí a ochlazované kapaliny, stejně tak i průtoky a tlak ochlazované kapaliny byl měřen čidly d, e, f, g, h, i, j, jejichž signály byly dále zpracovány pomocí měřicích karet (National Instruments, USA) a softwaru LabView (National Instruments, USA). Před započítím každého měření byla všechna čidla kalibrována.

Měření elektrického příkonu testovaného chladicího přístroje bylo prováděno prostřednictvím analyzátoru spotřeby elektrické energie k, Energy Logger 4000 (Votcraft, SRN) který je kromě dalších hodnot schopen měřit zdánlivý výkon, činný výkon a

účinník ($\cos \varphi$). V našich výpočtech jsme vždy počítali s hodnotami činného výkonu.

Hlučnost přístrojů byla měřena ze vzdálenosti 2 m hlukoměrem SL 451 (Votcraft, SRN).

Testování a měření

Přístroj s temperačním jádrem dle vynálezu byl testován společně se dvěma komerčně dostupnými přístroji, které jsou deklarovanou sférou použití, chladícím výkonem a rozměry blízké přístroji dle předloženého vynálezu, přičemž jeden z nich byl kompresorový cirkulační chladič a druhý byl termoelektrický cirkulační chladič na bázi Peltierových článků. Třetím porovnávaným přístrojem byl přístroj Cooler, zařízení vyvinuté našim týmem a detailně popsáným v užitém vzoru 23844. Srovnání základních parametrů těchto přístrojů (dle jejich oficiální technické dokumentace) je uvedeno v tab. 1.

Testování probíhalo v místnosti o objemu cca 35m³ a místnost byla při začátku měření 24 hodin temperována na 23°C při relativní vzdušné vlhkosti 28 až 33 %. V místnosti byla umístěna též testovací aparatura včetně chladicích přístrojů, které měly být testovány. Po ukončení temperování byl zapnut zdroj c. V místnosti se zároveň nacházela vždy jen jedna osoba a nebylo zde v provozu žádné další zařízení k úpravě teploty či vlhkosti vzduchu.

Teplota v místnosti se v takovém případě udržela beze změn cca 3 až 4 hodiny v rozsahu 23 ± 1 °C po temperování. Srovnávací testování trvalo vždy maximálně 1,5 hodiny s tím, že se veškeré zařízení uvedlo do chodu a následně se nechalo stabilizovat až do naměření stálých vstupně - výstupních hodnot všech přístrojů. Následně proběhlo naměření všech hodnot, které byly potřebné k výpočtu výkonů zařízení.

Tab. 1.

	Rozměry š x v x h [cm]	Objem přístroje [m ³]	Hmotnost (bez vodní náplně) [kg]	Kapali nová náplň (max) [kg]	Princip chlazení kapaliny	Odvod odpadního tepla	Deklaro vaný chladicí výkon [W]	Udávaný elektrický příkon [VA]
Kompresorový cirkulační chladič	36x51x54	0,099	48	8	Kompres orový	vnitřní ventilátory	600	2000
Termoelektrický cirkulační chladič	28x40x54	0,06	28	1,1	Termoele ktrický (Peltier. články)	vnitřní ventilátory	600	992
Termoelektrický cirkulační chladicí přístroj Cooler 1	17x47x54	0,043	16,5	4,2	Termoele ktrický (Peltier. články)	vodou	min 600	1100
Zdroj přístroje (externí)	30x30x20	0,018	4					
Přístroj s temperačním jádro dle vynálezu	30x40x40	0,048	15,5	5	Termoele ktrický (Peltier. články)	vodou	min 1000	1500
Zdroj přístroje (externí)	30x30x25	0,023	6					

Při testování ochlazovacích schopností testovaného přístroje a (viz. obr. 7) byla do výměníku b čerpána kapalina z tepelně izolovaného zdroje c o konstantní teplotě vždy 40 °C a průtoku vždy 27 l/hod. Chladicí prostor výměníku b (prostor mezi kapilárami a vnitřní stěnou pláště výměníku) byl zcela vyplněn a ochlazován vodou, která přitékala z chladicího zdroje a.

Každý testovaný přístroj byl při testování nastaven tak, aby kapalina na výstupu přístroje při připojení výměníku c k výstupu a vstupu měla maximální dosažitelný průtok testovaného přístroje a při tomto průtoku se zjišťovala nejnižší dosažená

konstantní teplota na výstupu a návratu testovaného přístroje. Hodnoty, které byly naměřeny po dosažení konstantního stavu, byly využity k výpočtu maximálního chladicího výkonu v rámci zvolené testovací sestavy.

Při testování ohřívacích schopností se použila sestava, která je identická se sestavou dle obr. 7, ostatní podmínky byly též stejné. Rozdíl spočíval ve funkci jednotlivých částí sestavy, kde testovaný přístroj a dle předloženého vynálezu byl přepnut do funkce „ohřev“, zdroj c pak byl nastaven tak, aby dodával do výměníku b vodu o teplotě 20°C a průtoku 27 l/hod. Následně proběhlo naměření všech hodnot, které byly potřebné k výpočtu výkonů zařízení.

Chladicí a ohřevný výkon byl odvozován z rozdílu teplot naměřených teplotními čidly d a f a objemu ochlazované kapaliny naměřené průtokoměrem e.

Ohřevný výkon byl testován pouze u přístroje Coiler 1 (užitný vzor 23844) a dále u přístroje s temperačním jádrem dle předloženého vynálezu za účelem zjištění maximálního dosažitelného ohřevného výkonu, protože tato funkce je u přístroje pouze doplňková.

Naměřené hodnoty, výsledky a výpočty

Tabulka 2. shrnuje naměřené hodnoty všech čtyř testovaných přístrojů, které jsou použity pro porovnání jejich maximální chladicí kapacity. Hodnoty byly získány za podmínek popsanych výše. $F_{\max}$ je maximální dosažitelná hodnota průtoku pracovní kapaliny měřená na výstupu přístrojů. Teplota T_{in} je teplota chlazené kapaliny vstupující do přístroje a teplota T_{out} je pak teplotou kapaliny z přístroje vystupující. Q je maximálně dosažený reálný chladicí výkon.

Tab. 2.

	$F_{\max}$ [l/s]	M [kg/s]	C_p [J/kg/°K]	T_{out} [°C]	T_{in} [°C]	Q [kW]
Kompresorový cirkulační chladič	0,047151	0,047151	4185 (25°C)	19,255	20,511	0,248
Termoelektrický cirkulační chladič	0,02947	0,02947	4185 (25°C)	18,373	20,274	0,2345
Termoelektrický cirkulační chladič přístroj Cooler1	0,0501	0,0501	4185 (25°C)	8,406	12,096	0,774
Přístroj s temperačním jádro dle vynálezu	0,0713	0,0713	4185 (25°C)	5,124	10,75	1,18

Výpočet maximálního naměřeného chladicího výkonu porovnávaných přístrojů v tab. 2 byl proveden podle vzorce (1)

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p \Delta T \quad (1)$$

kde Q [kW] je chladicí kapacita přístroje, m [kg/s] je hmotnostní průtok, C_p [kJ/kg/°K] je měrná tepelná kapacita chlazeného média a DT [°C] rozdíl teplot chlazeného média mezi vstupem a výstupem chladicího přístroje.

Další v testu naměřené a vypočítané hodnoty jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3.

	Maximální průtok při maximálním chladicím výkonu [l/hod]	Hlučnost (ve vzdálenosti 2m od přístroje) [dB]	Reálný příkon celého přístroje při maximálním chladicím výkonu [W]	Poměr maximálního chladicího výkonu k reálnému elektrickému příkonu přístroje	Poměr hmotnosti k maximálnímu chladicího výkonu	Zvýšení teploty v testovací místnosti při provozu zařízení 30 minut [°C]	Maximálně dosažitelný výstupní tlak [bar]
Kompresorový cirkulační chladič	170	62	803	0,309	0,194	2	0,5
Termoelektrický cirkulační chladič	106	60,5	830	0,283	0,119	2	0,8
Termoelektrický cirkulační chladicí přístroj Cooler1	180	47	1038	0,746	0,0265	0	6,01
Přístroj s temperačním jádrem dle vynálezu	220	45	1520	0,77	0,035	0	11,2

Při připojení externího zařízení k chladicímu přístroji s temperačním jádrem dle vynálezu může být v sekundárním okruhu dosažen průtok až 220 l/hod (při tlaku blízkém relativní nule) a tlak až 11 bar (měřeno kalibrovaným průtokoměrem a tlakovým čidlem umístěným v přístroji těsně před výstupním portem), ne však současně. Současně dosažitelné hodnoty průtoku a tlaku jsou uvedeny v následující tab. 4:

Tab. 4.

Průtok (l/hod)	Tlak (bar)
50	11
80	9
120	5,5
180	3,5
220	0,8

Další testy ukázaly, že cirkulační chladicí přístroj může v modu chlazení dosáhnout a dlouhodobě udržet teploty až $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ (při naplnění nemrznoucí směsí), v modu ohřívání více

než $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, a to v rozsahu okolních teplot výhodně $+2$ až $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mimořádně výhodný se jeví cirkulační chladicí přístroj pro dlouhodobé (kontinuální) chlazení externího zařízení na teploty v rozmezí 5 až $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, případně pro dlouhodobé (kontinuální) ohřívání na teploty 30 až $45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Výsledky testovacích experimentů lze shrnout do následujících bodů:

1. Cirkulační chladicí přístroj s temperačním jádrem dle vynálezu prokázal více než dvojnásobně lepší poměr maximálního chladicího výkonu k reálnému elektrickému příkonu přístroje ve srovnání s obdobnými komerčními přístroji založenými na termoelektrickém jevu či kompresorovém chlazení.
2. Chladicí přístroj s temperačním jádrem dle vynálezu prokázal více než pětinasobně lepší poměr hmotnosti k maximálnímu chladicímu výkonu ve srovnání s obdobným komerčním kompresorovým přístrojem a více než třínásobně lepší týž poměr ve srovnání s obdobným komerčním přístrojem založeným na polovodičovém termoelektrickém jevu.
3. Cirkulační chladicí přístroj s temperačním jádrem dle vynálezu prokázal významně tišší chod (zhruba o 30%) než obdobné komerční přístroje.

4. Cirkulační chladicí přístroj s temperačním jádrem dle vynálezu nevydává do okolí prakticky žádné teplo a neovlivňuje proto významně teplotu prostředí v blízkosti přístroje.

Průmyslová využitelnost

Termoelektrický tepelný výměník podle vynálezu je vhodný především pro konstrukci tzv. cirkulačních chladících přístrojů sloužících k úpravě teploty menšího množství pracovní kapaliny, která je pak využívána pro temperování dalších zařízení a to zvláště tam, kde se uplatní výhodné vlastnosti našeho řešení - nízká hmotnost v poměru k výkonu, eliminovaný ohřev a víření vzduchu v okolí přístroje, minimální hlučnost, nižší rozměry a hmotnost. Takové přístroje jsou určeny pro výzkumné i rutinní laboratoře biomedicínských, chemických, potravinářských či fyzikálních směrů, pro lékařská pracoviště a případně výrobní provozy ve výše jmenovaných oborech.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Termoelektrický tepelný výměník s integrovaným rezervoárem pracovní kapaliny, čerpacím prostředkem pracovní kapaliny a tepelným výměníkem s meandrovými kanály pro průtok pracovní kapaliny, v nichž jsou uspořádané usměrňovací elementy proudění v y z n a č u j í c í s e t í m, že rezervoár (1) opatřený alespoň jedním vstupem a alespoň jedním výstupem pracovní kapaliny je uspořádaný v tepelném výměníku, který je tvořený vnitřním pláštěm (2), jehož meandrové kanály (21) jsou propojené s rezervoárem (1) a který je přes tepelně izolační vrstvu (4) uložený ve vnějším plášti (3), v jehož stěnách jsou provedené meandrové kanály (31) pro průtok temperační kapaliny, přičemž přivrácené stěny vnitřního pláště (2) a vnějšího pláště (3) jsou vzájemně oddělené termoelektrickými Peltierovými články (5) umístěnými v tepelně izolační vrstvě (4).

2. Termoelektrický tepelný výměník podle nároku 1 v y z n a č u j í c í s e t í m, že výstupy pracovní kapaliny z rezervoáru (1) jsou osazené čerpadly (6), za kterými jsou ve směru proudění dvupolohové třicestné ventily (7) pro vedení pracovní kapaliny zpět do rezervoáru (1) nebo do uzavřeného okruhu mimo výměník.

3. Termoelektrický tepelný výměník podle nároku 1 nebo 2 v y z n a č u j í c í s e t í m, že v meandrových kanálech (31) a (21) vnějšího i vnitřního pláště (3) a (2) jsou pro zvětšení teplosměnné plochy a usměrnění proudu temperační a pracovní kapaliny upořádané usměrňovací elementy (32) a (22) s drážkami paralelními s kanálem (31) a (21).

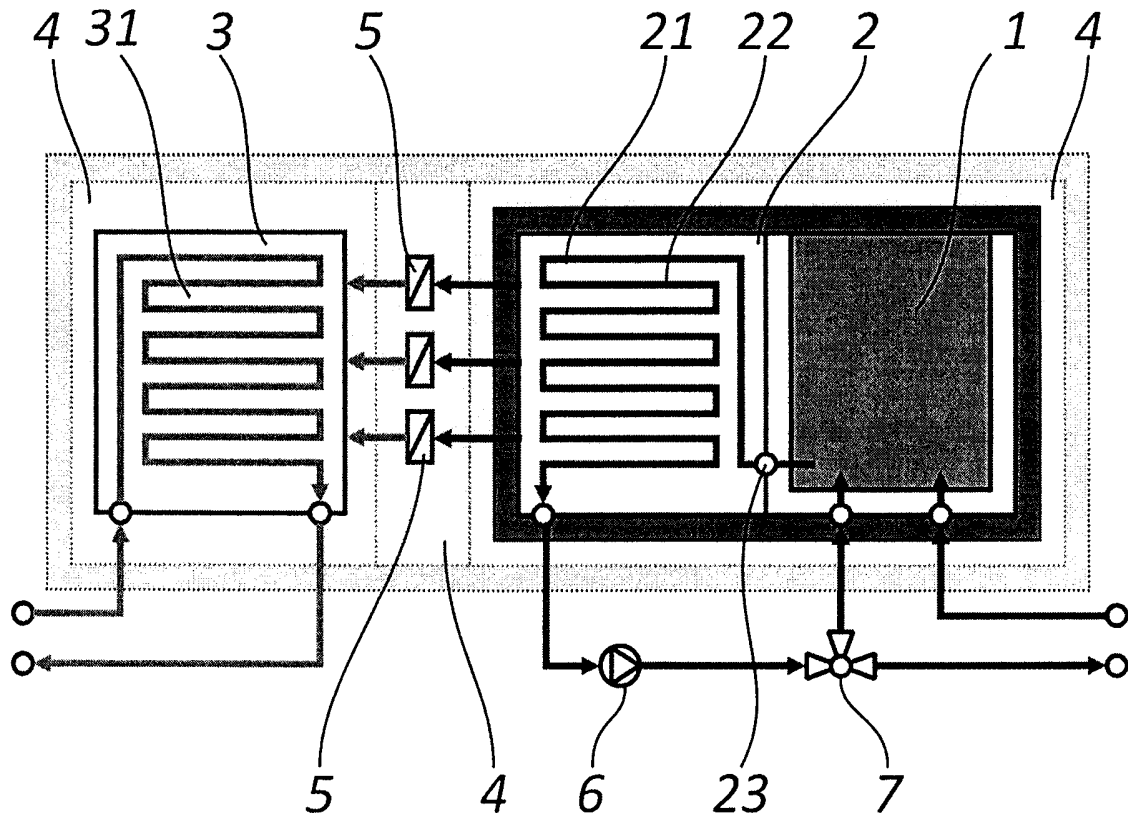
4. Termoelektrický tepelný výměník podle nároků 1 až 3 v y z n a č u j í c í s e t í m, že vnitřní plášť (2) i vnější plášť (3) jsou z kovu.

29.05.15

• 17 •

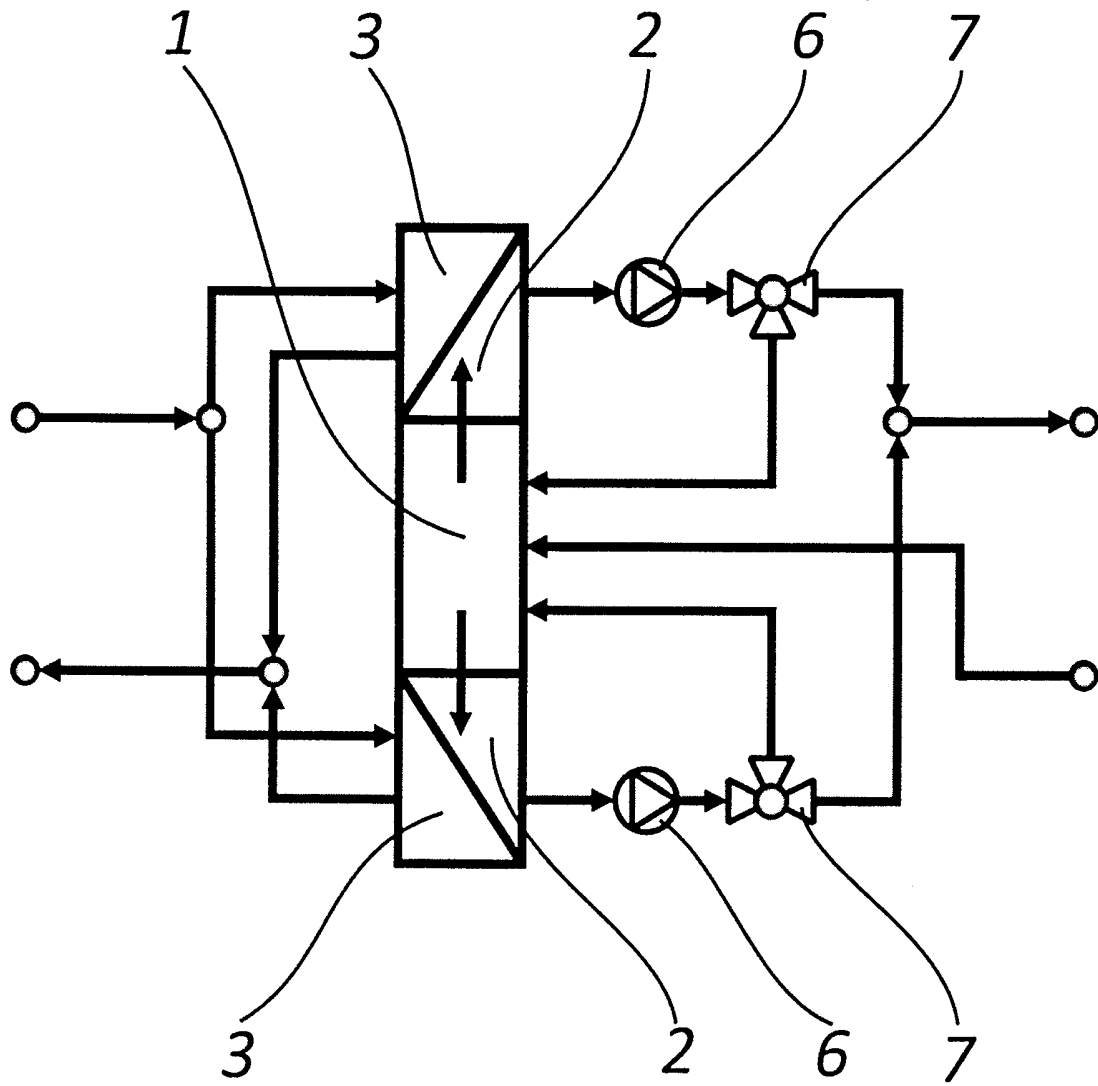
5. Termoelektrický tepelný výměník podle nároků 1 až 4 v y z n a č u j í c í s e t í m, že vnitřní plášť (2) a vnější plášť (3) jsou od sebe vzájemně tepelně izolovány.

6. Termoelektrický tepelný výměník podle nároků 1 až 5 v y z n a č u j í c í s e t í m, že pracovní kapalina je z rezervoáru (1) nasávána přes meandrový systém vnitřních stěn (21) mimo výměník vnějším čerpacím prostředkem (6).



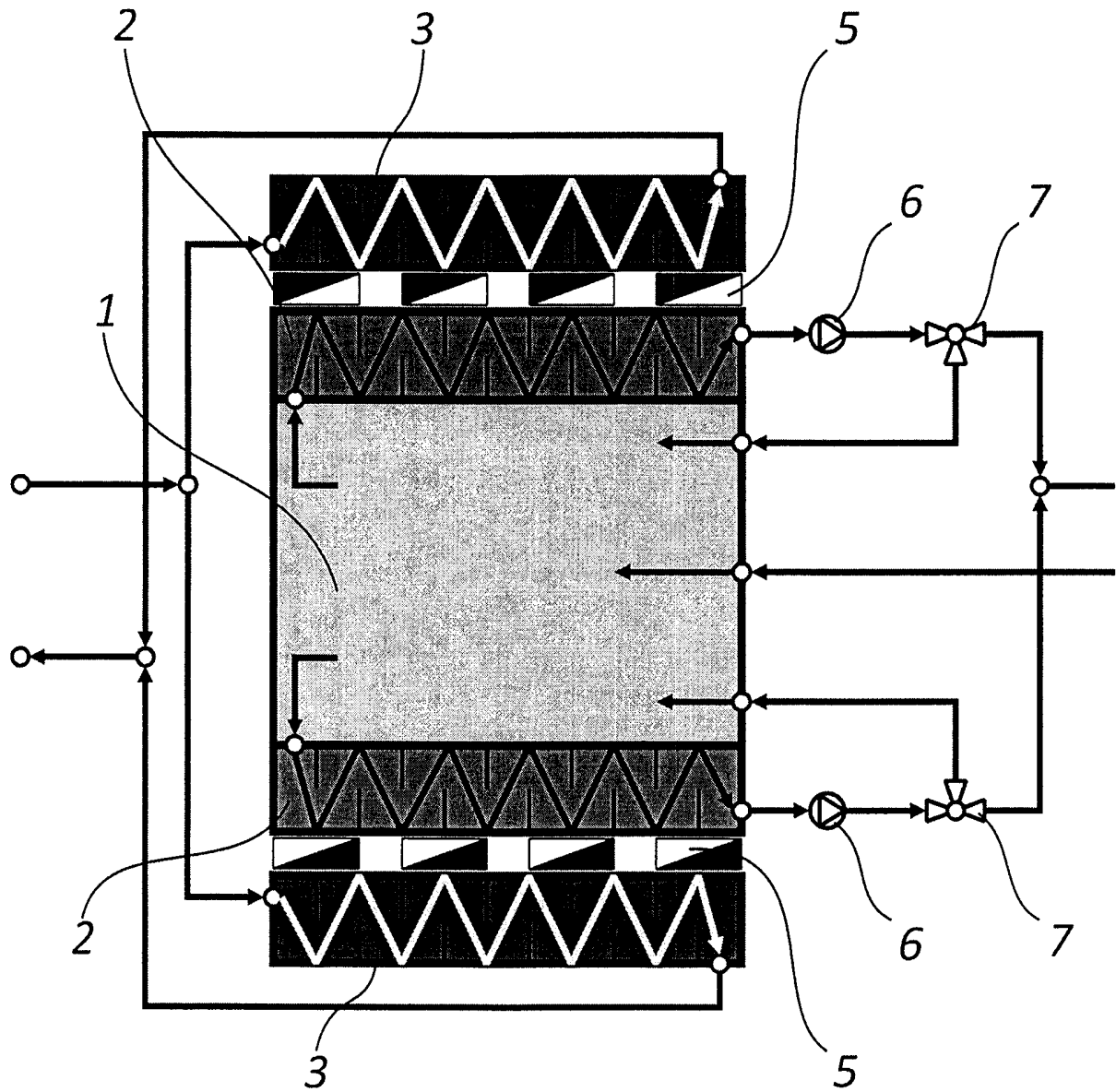
Obr. 1

29.05.15



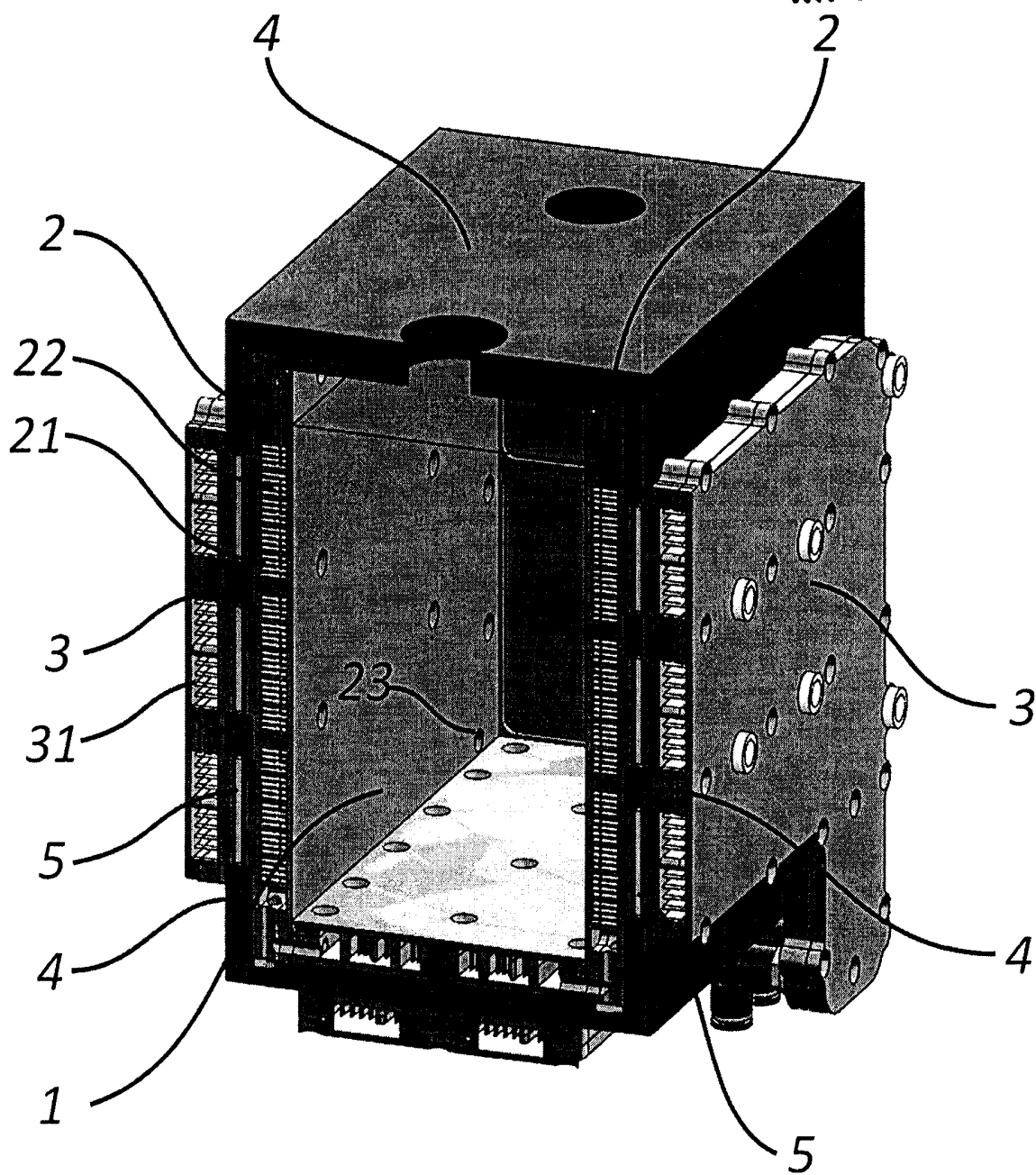
Obr. 2.

29.05.15

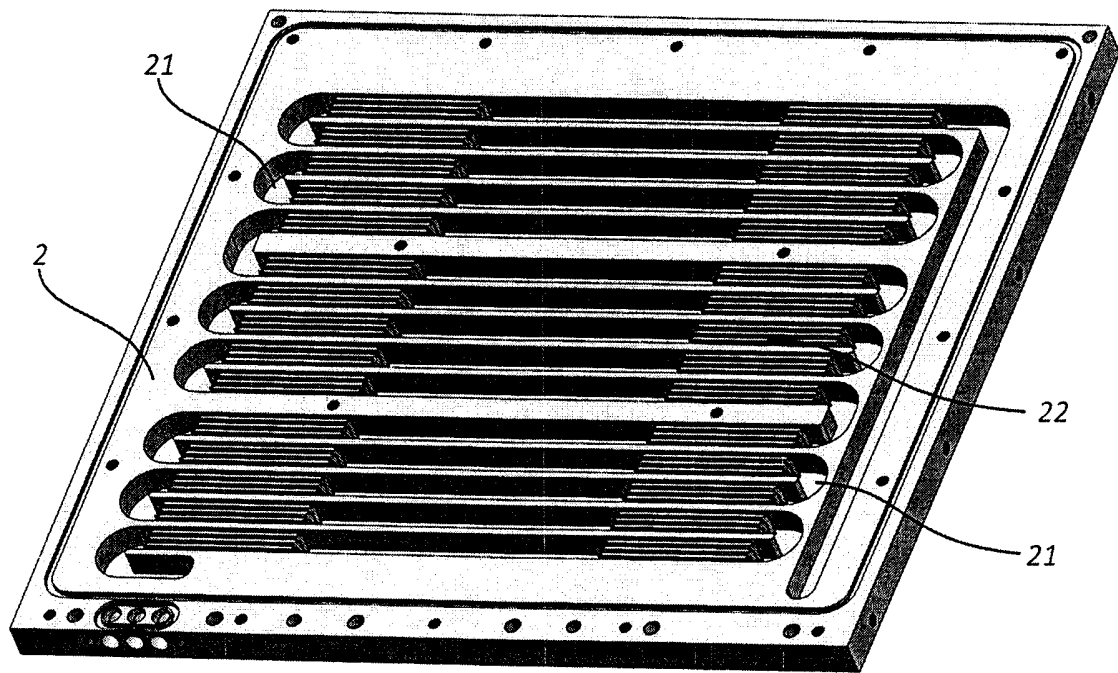


Obr. 3

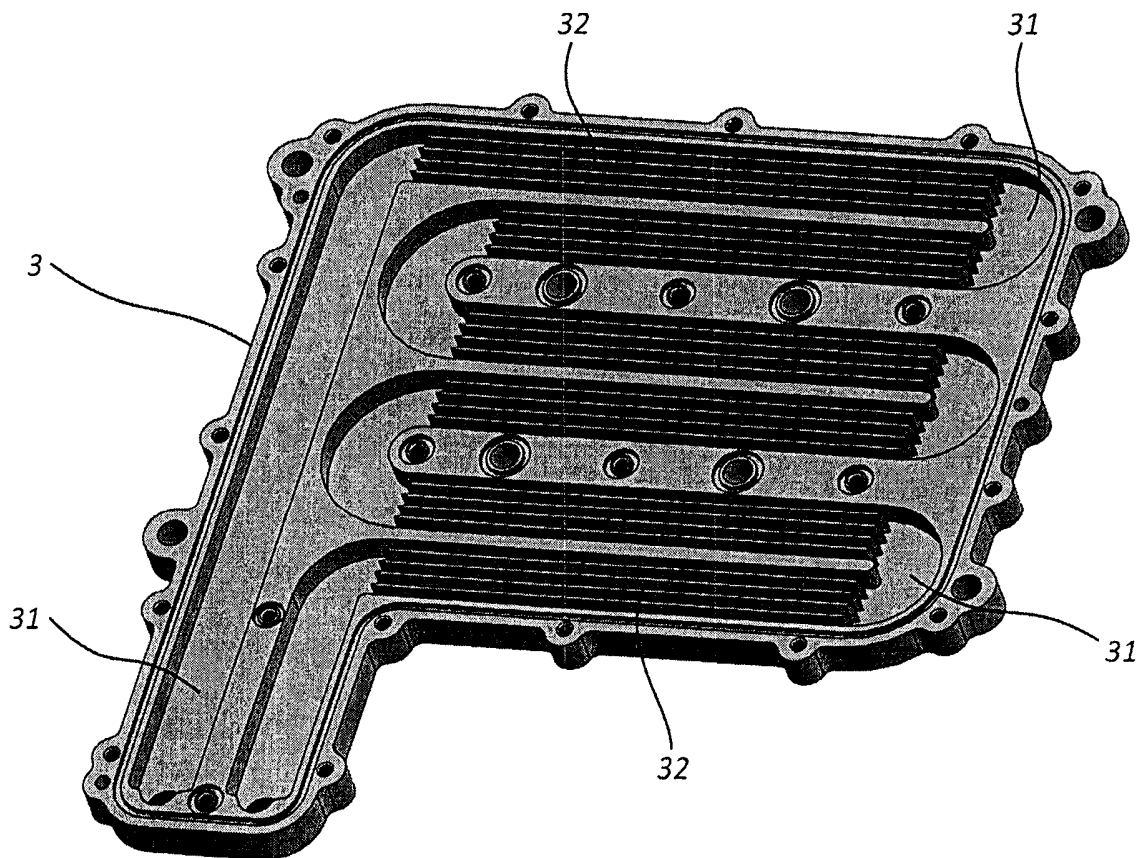
29.05.15



Obr. 4

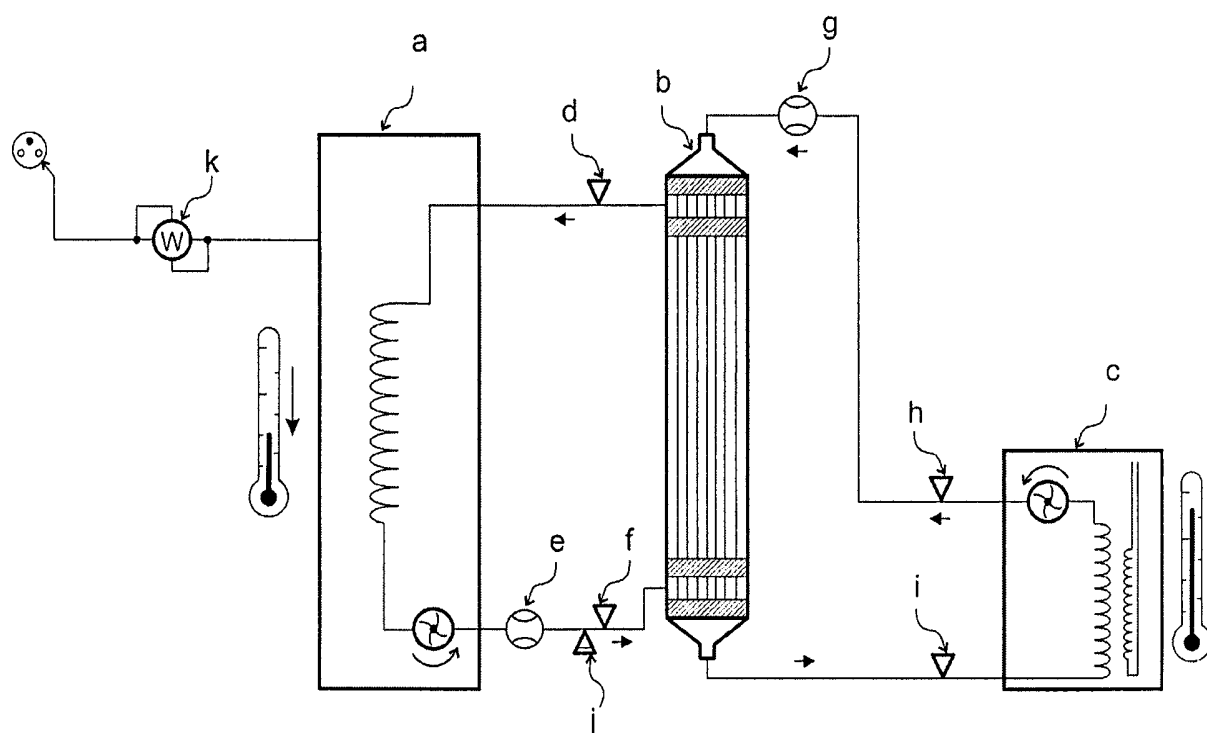


Obr. 5



Obr. 6

29.05.15



Obr. 7